

**SILVER HALIDE COLOR PHOTOGRAPHIC SENSITIVE MATERIAL**

**Patent number:** JP3156444  
**Publication date:** 1991-07-04  
**Inventor:** SAKAI NOBUO  
**Applicant:** FUJI PHOTO FILM CO LTD  
**Classification:**  
- **international:** G03C1/76; G03C1/047; G03C1/06; G03C7/00  
- **european:**  
**Application number:** JP19890297220 19891114  
**Priority number(s):**

**Report a data error here**

**Abstract of JP3156444**

**PURPOSE:** To provide excellent sharpness, surface glossiness and mildew resistance by incorporating titanium oxide particles at  $\geq 14$ wt.% density into the water resistant resin layer on the side coated with silver halide photosensitive layers, specifying the optical reflection density at 680nm of the photosensitive material to  $\geq 0.70$ , using acid treated gelatin as the hydrophilic colloid of the uppermost nonphotosensitive layer and incorporating specific compds. into this layer.

**CONSTITUTION:** The titanium oxide particles are incorporated at  $\geq 14$ wt.% density into the water resistant resin layer on the side coated with the silver halide photosensitive layers and the optical reflection density at 680nm of the photosensitive material is  $\geq 0.70$ . The acid treated gelatin is used as the hydrophilic colloid layer of the uppermost nonphotosensitive layer and at least  $\geq 1$  kinds of the compds. selected from the compds. expressed by formulas I, II, etc., are incorporated into this layer. In the formulas, R<2> to R<7> denote a hydrogen atom, etc.; Y denotes a halogen atom; Z<1> denotes the nonmetal atom group necessary for constituting a thiazoryl group; n denotes 0 or 1. The photosensitive material having the excellent sharpness, surface glossiness and mildew resistance is obtd. in this way.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2) (11) 特許番号

特許第3156444号

(P 3 1 5 6 4 4 4)

(45) 発行日 平成13年4月16日(2001. 4. 16)

(24) 登録日 平成13年2月9日(2001. 2. 9)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

H 0 1 S 3/109

H 0 1 S 3/109

G 0 2 B 6/12

G 0 2 F 1/37

6/122

H 0 1 S 3/094

S

G 0 2 F 1/37

G 0 2 B 6/12

N

H 0 1 S 3/094

C

請求項の数 8 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平5-131787

(22) 出願日 平成5年6月2日(1993. 6. 2)

(65) 公開番号 特開平6-342954

(43) 公開日 平成6年12月13日(1994. 12. 13)

審査請求日 平成10年9月14日(1998. 9. 14)

(73) 特許権者 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 山本 和久

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 北岡 康夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外 2 名)

審査官 小原 博生

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 短波長レーザ光源およびその製造方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光波長変換素子に形成された光導波路中で高調波へと変換される短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面が、複屈折性を有するサブマウントに向き合い、なおかつ前記半導体レーザと前記光波長変換素子の間には前記サブマウントに形成された突起を配置し、前記基本波は前記突起により偏光方向が90度回転され前記光導波路に結合することを特徴とする短波長レーザ光源。

【請求項2】 サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の

2

光導波路形成面がサブマウントに向き合いなおかつ前記光導波路の入射面には半導体レーザからの前記基本波の偏光方向が90度回転する複屈折性を有する膜が形成されており、前記半導体レーザからの基本波が前記膜を介して光導波路に結合することを特徴とする短波長レーザ光源。

【請求項3】 半導体レーザの基本波が光波長変換素子に形成された光導波路中で高調波へと変換される短波長レーザ光源の製造方法において、複屈折性を有するサブマウントに突起を形成する工程と、前記サブマウントに向き合い前記半導体レーザの活性層の形成面および前記光波長変換素子の光導波路形成面を固定し、前記半導体レーザからの基本波が前記サブマウントに形成された突起を介して光導波路に結合させるように配置する工程とを含むことを特徴とする短波長レーザ光源の製造方法。

【請求項4】半導体レーザの基本波が光波長変換素子に形成された光導波路中で高調波へと変換される短波長レーザ光源の製造方法において、前記光導波路の入射面に前記半導体レーザからの基本波の偏光方向が90度回転する複屈折性を有する膜を形成する工程と、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面をサブマウントに向き合いなおかつ半導体レーザから出射される基本波が光導波路に結合するように固定する工程とを含むことを特徴とする短波長レーザ光源の製造方法。

【請求項5】半導体レーザの基本波が光波長変換素子に形成された光導波路中で高調波へと変換される短波長レーザ光源の製造方法において、前記光導波路の入射面に複屈折性を有する膜を形成する工程と、前記半導体レーザの基本波の出射面に複屈折性を有する膜を形成する工程と、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面をサブマウントに向き合いなおかつ半導体レーザから出射される基本波が光導波路に結合するように固定する工程と、前記光導波路の入射面に形成された複屈折性を有する膜と前記半導体レーザの出射面に形成された複屈折性を有する膜をアニールにより接着する工程とを含むことを特徴とする短波長レーザ光源の製造方法。

【請求項6】光波長変換素子として分極反転構造を有することを特徴とする請求項3～5いずれか1項に記載の短波長レーザ光源の製造方法。

【請求項7】光波長変換素子として $\text{LiNb}_3\text{Ta}_{1-X}\text{O}_3$  ( $0 \leq X \leq 1$ ) 基板を使用したことを特徴とする請求項3～5いずれか1項に記載の短波長レーザ光源の製造方法。

【請求項8】基板としてZ板を使用したことを特徴とする請求項7項に記載の短波長レーザ光源の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、コヒーレント光を利用する光情報処理分野または光計測分野に使用する短波長レーザ光源およびその製造方法に関するものである。

##### 【0002】

【従来の技術】図10に従来の短波長レーザの構成図を示す。ここに示される短波長レーザ光源は半導体レーザ21、光波長変換素子22、コリメータレンズ37a、フォーカスレンズ37bおよび半波長板33を基本構成要素としていた(T. Taniuchi and K. Yamamoto, "Miniaturized light source of coherent blue radiation", CLEO'87, WP6, 1987年、参照)。光波長変換素子22上に形成された光導波路2の入射面10に半導体レーザ21からの基本波P1をレンズ37a、37bを介して入射させる。この際、レンズ37a、37bの間に挟まれている半波長板33は偏光方向を90度回転させる働きがあり、これにより光導波路2を基本波P1が導波する

ように偏光方向を一致させることができる。光波長変換素子22は素子マウント38に固定されている。基板中に放射された高調波P2は整形レンズ36により平行光にされビームスプリッタ39で分岐され一部をディテクター27で受光される。ここで用いられている光波長変換素子22はチェレンコフ放射型と呼ばれておりこの動作について説明する。以下0.84 $\mu\text{m}$ の波長の基本波に対する高調波発生(波長0.42 $\mu\text{m}$ )について詳しく述べる(T. Taniuchi and K. Yamamoto, "Second harmonic generation by Cherenkov radiation in proton-exchanged  $\text{LiNbO}_3$  optical waveguide", CLEO'86, WR3, 1986年、参照)。

【0003】光波長変換素子となる $\text{LiNbO}_3$ 基板22に形成された埋め込み型の光導波路2の入射面10に半導体レーザ21からの基本波P1の光を入射すると、基本波の導波モードの実効屈折率と高調波の実効屈折率が等しくなるような条件が満足されるとき、光導波路2から $\text{LiNbO}_3$ 基板22内に高調波P2の光が効率良く放射され、光波長変換素子として動作する。このチェレンコフ放射型の光波長変換素子は温度特性に優れているが(半値幅25℃)、反面変換効率はあまり高くない。

【0004】次にさらに小型化された他の従来例である短波長レーザ光源について図11を用いて説明する(山本、谷内、特願昭63-128914号、青色レーザ光源および光情報記録装置、参照)。短波長レーザ光源は波長0.84 $\mu\text{m}$ の半導体レーザ21とX板に形成された光波長変換素子22をSiサブマウント20に固定し直接結合を行っていた。半導体レーザ21の出力P1を100mWにしたとき、2mWの高調波P2(青色レーザ光)が得られていた。この場合の光波長変換素子22での変換効率P2/P1は2%である。しかしながら光情報処理分野で実用的な10mWを得るにはチェレンコフ放射型では困難であった。又、高調波が基板中に放射されるため集光も困難であった。

【0005】最近分極反転構造を基本とする高効率光波長変換素子が $\text{LiTaO}_3$ のZ板を用いて試作されており、これによれば10mW以上の青色光が発生できる(K. Yamamoto, K. Mizuuchi, Y. Kitaoka, and M. Kato: Applied Physics Letters, 1993年5月号)。そのため分極反転構造を用いた光波長変換素子を半導体レーザと直接結合すればコンパクトで量産性に富む短波長光源が製造できる可能性がある。

【0006】以下この光波長変換素子について説明する。図12にこの $\text{LiTaO}_3$ のZ板に形成された光波長変換素子の構成を示す。図12に示されるように光波長変換素子22となる $\text{LiTaO}_3$ 基板に光導波路2が形成され、さらに光導波路2には周期的に分極の反転した層3(分極反転層)が形成されている。基本波と発生する高調波の伝搬定数の不整合を分極反転層3と非分極反転層4の周期構造で補償することにより高効率に高調波を出すこと

ができる。

【0007】まず、図13を用いて高調波増幅の原理を説明する。分極反転していない非分極反転素子31では分極反転層は形成されておらずに分極反転方向は一方となっている。この非分極反転素子31では光導波路の進行方向に対して高調波出力31aは増減を繰り返しているだけである。これに対して周期的に分極が反転している分極反転波長変換素子(1次周期)32では出力32aは図13に示されるように光導波路の長さ $L$ の2乗に比例して高調波出力は増大する。ただし分極反転において基本波 $P1$ に対して高調波 $P2$ の出力が得られるのは擬似位相整合するときだけである。この擬似位相整合が成立するのは分極反転層の周期 $\Lambda_1$ が $\lambda/(2(N2\omega - N\omega))$ に一致するときに限られる。ここで $N\omega$ は基本波(波長 $\lambda$ )の実効屈折率、 $N2\omega$ は高調波(波長 $\lambda/2$ )の実効屈折率である。このように高出力化が可能な光波長変換素子は分極反転構造を基本構成要素としていた。また、この光波長変換素子は高調波が光導波路から出射されるため集光が容易という特徴もある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記のような半導体レーザと光導波路を直接結合して小型、軽量化した短波長レーザ光源に分極反転構造を有する高効率光波長変換素子を使用すると光波長変換素子がZ板に形成されているため、光導波路中で導波するモードはTM偏光(光導波路が形成されている面に対して電界が垂直)であり、これに対し半導体レーザから出射される基本波の偏光はTE偏光(活性層が形成されている面に対して電界が平行)である。

【0009】図14に光の進行方向に対して垂直な面で切断した(a)半導体レーザ、(b)Z板の光波長変換素子、(c)X板の光波長変換素子の断面図および偏光方向を示す。図14に示されるように半導体レーザの出射光とZ板の光波長変換素子の導波光は90度偏光方向が異なるため、図11で示される短波長レーザ光源のような同一平面での結合はできない。また、X板に分極反転構造を有する素子を形成すると同一偏光であるが、X板の光波長変換素子は極端に変換効率が小さくなる。この理由を以下に詳しく説明する。

【0010】X板に形成した光導波路はプロトン交換の際にX面である表面が荒れるため伝搬損失がZ板の5倍程度になる。また、分極反転構造を短周期で作製することが困難である。これにより光波長変換素子の変換効率はZ板の $1/5$ から $1/10$ 程度となる。そのため短波長レーザ光源の実用レベルである10mW以上の高調波を再現性良くしかも安定に得ることが困難であるという問題点があった。

【0011】本発明は、半導体レーザと光波長変換素子を基本とした短波長レーザ光源の構造に新たな工夫を加えることにより高調波出射パワーの高出力化および安定

化を可能とするものである。つまり、本発明は半導体レーザと光波長変換素子を半波長板を介して直接結合し高出力でなおかつ安定に動作する短波長レーザ光源を得ることを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】そのため本発明の短波長レーザ光源はサブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光波長変換素子に形成された光導波路中で高調波へと変換される短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面が、複屈折性を有するサブマウントに向き合い、なおかつ前記半導体レーザと前記光波長変換素子の間には前記サブマウントに形成された突起を配置し、前記基本波は前記突起により偏光方向が90度回転され前記光導波路に結合するという手段を有する。

【0013】また、本発明の短波長レーザ光源は、サブマウント上に半導体レーザおよび光波長変換素子を備え、前記半導体レーザの基本波が前記光導波路に直接結合する短波長レーザ光源において、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面がサブマウントに向き合いなおかつ前記光導波路の入射面には半導体レーザからの前記基本波の偏光方向が90度回転する複屈折性を有する膜が形成されており、前記半導体レーザからの基本波が前記膜を介して光導波路に結合するという手段を有する。

【0014】また、本発明の短波長レーザ光源の製造方法は半導体レーザの基本波が光波長変換素子に形成された光導波路中で高調波へと変換される短波長レーザ光源の製造方法において、複屈折性を有するサブマウントに突起を形成する工程と、前記サブマウントに向き合い前記半導体レーザの活性層の形成面および前記光波長変換素子の光導波路形成面を固定し、前記半導体レーザからの基本波が前記サブマウントに形成された突起を介して光導波路に結合させるように配置する工程とを施すこととなる。

【0015】また、本発明の短波長レーザ光源の製造方法は半導体レーザの基本波が光波長変換素子に形成された光導波路中で高調波へと変換される短波長レーザ光源の製造方法において、前記光導波路の入射面に前記半導体レーザからの基本波の偏光方向が90度回転する複屈折性を有する膜を形成する工程と、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面をサブマウントに向き合いなおかつ半導体レーザから出射される基本波が光導波路に結合するように固定する工程とを施すこととなる。

【0016】また、本発明の短波長レーザ光源の製造方法は半導体レーザの基本波が光波長変換素子に形成された光導波路中で高調波へと変換される短波長レーザ光源の製造方法において、前記光導波路の入射面に複屈折性

を有する膜を形成する工程と、前記半導体レーザの基本波の出射面に複屈折性を有する膜を形成する工程と、前記半導体レーザの活性層の形成面および光波長変換素子の光導波路形成面をサブマウントに向き合いなおかつ半導体レーザから出射される基本波が光導波路に結合するように固定する工程と、前記光導波路の入射面に形成された複屈折性を有する膜と前記半導体レーザの出射面に形成された複屈折性を有する膜をアニールにより接着する工程とを施すこととなる。

#### 【0017】

【作用】本発明は上記手段によりZ板に形成された光波長変換素子を用いることができ発生する高調波を高効率にできる。以下これを詳しく説明する。

【0018】Z板の分極反転構造を持つ光波長変換素子は高調波パワーがX板の5倍以上得られる。この高効率光波長変換素子と半導体レーザを結合するために、半導体レーザの基本波はサブマウントの突起により偏光方向が90度回転され高効率で光導波路に入射する構成となる。これは突起が複屈折性を有しており、主軸を偏光方向に対して45度に配置することで偏光方向の回転ができるからである。そのため短波長レーザ光源としても高出力高調波を出射することができる。

#### 【0019】

【実施例】第1の実施例として本発明の短波長レーザ光源について図1を用いて説明する。本発明の第1の実施例の短波長レーザ光源の構造図を図1に示す。この実施例では短波長レーザ光源として0.8μm帯の半導体レーザ、光波長変換素子としてZ板のLiTaO<sub>3</sub>基板を用いたもので、図1は短波長レーザ光源の断面図である。図1で20はLiNbO<sub>3</sub>によるサブマウント、21は半導体レーザ、22は光波長変換素子である。LiNbO<sub>3</sub>は複屈折性の大きな材料で異常光屈折率と常光屈折率の差が0.08もある。ここで用いた半導体レーザ21は波長0.84μmのものである。また、光波長変換素子22はLiTaO<sub>3</sub>基板に磷酸中でのプロトン交換を行い分極反転層3および光導波路2を形成したものである。

【0020】本実施例の構成では、半導体レーザ21の活性層23の形成面24および光波長変換素子22の光導波路2の形成面25はサブマウント20に向き合っている。又、半導体レーザ21の活性層23と光導波路2は同軸上にあり半導体レーザ21の基本波P1が突起1を介して直接結合する構成となっている。突起1によりTE偏光で発生した半導体レーザからの基本波P1は90度回転され光導波路を導波可能なTM偏光と一致し高効率で結合する。この実施例では半導体レーザ21の放熱用に第2のサブマウント28として銅ブロックが用いられている。このため半導体レーザ21の熱はすべて第2のサブマウント28に逃げ、放熱の悪いLiNbO<sub>3</sub>のサブマウント20側には伝わらない。

【0021】次にこの短波長レーザ光源の製造方法につ

いて図2を用いて説明する。まず、図2(a)でLiNbO<sub>3</sub>のサブマウント20を通常のフォトリソプロセスおよびドライエッチングプロセスにより幅5.4μm、深さ10μmの突起1を形成した。LiNbO<sub>3</sub>はX板をC方向に45度傾けたものを用いた。次に、同図(b)で半導体レーザ21を活性層23の形成面24をサブマウント20側に向けてボンディングを行った。先に半導体レーザ21の裏面29a(活性層23が形成されている面24の反対面)を第2のサブマウント28にボンディングが行われている。次に同図(c)で半導体レーザ21に電流を流し基本波P1を出射させた後、光導波路2の形成面25をサブマウント20側に向けて光波長変換素子22を半導体レーザ21に押し当て固定を行った。この際、光波長変換素子22の入射面10は光導波路2の形成面25に対してほぼ90度の角度となっている。また、入射面10での反射による活性層23への戻り光も少なくできる。サブマウント20にあらかじめA1をパターン化しており半導体レーザと接触することで電流を流すことができた。なお固定の時には、高調波出力P2が最大になるようにA方向のアライメントを行った。B方向に対しては光導波路2にSiO<sub>2</sub>保護膜17を付加しこれにより高さを活性層23と合わせた。

【0022】作製されたこの素子の長さは10mmである。基本波P1として半導体レーザ光(波長0.84μm)を入射面10より導波させるところシングルモード伝搬し、波長0.42μmの高調波P2が出射面12より基板外部に取り出された。出射面が基本波および高調波に対してARコートされていることにより高調波の出力が有効に取り出せ15%のアップが図れた。基本波70mWで10mWの高調波(波長0.42μm)を得た。図3に高調波の時間変化を示す。半導体レーザは安定に動作し高調波出力の変動は±1%以下であった。従来のレンズを用いた短波長光源に比べて大幅に安定性が向上している。

【0023】なお基本波に対してマルチモード伝搬では高調波の出力が不安定で実用的ではない。又、半導体レーザと光波長変換素子の距離が20μm以上となると結合効率が小さくなり実用的ではないが複屈折性の大きな材料を選べば突起の幅を小さくすることができ問題は無い。

【0024】本発明の短波長レーザ光源の第2の実施例の構造図を図4に示す。この実施例では短波長レーザ光源として0.8μm帯の半導体レーザ、光波長変換素子としてLiTaO<sub>3</sub>基板を用いたもので、図4は短波長レーザ光源の断面図である。図4で20はSiのサブマウント、21は半導体レーザ、22は光波長変換素子、6は半波長板である。半波長板6はX板のLiNbO<sub>3</sub>を研磨して16μmの厚みとした。TE偏光に対して45度となる角度で半波長板6の主軸を固定した。この厚みは3/2波長板となるが半波長板と同様の作用となる。研磨では

5  $\mu\text{m}$ の厚みにすることが困難なため3/2波長板とした。ここで用いた半導体レーザ21は波長0.84  $\mu\text{m}$ 、出力150mWのものである。また、光波長変換素子22はLiTaO<sub>3</sub>基板に磷酸中でのプロトン交換により周期状分極反転層3および光導波路2を形成したものである。

【0025】本実施例の構成では、半導体レーザ21の活性層23の形成面24および光波長変換素子22の光導波路2の形成面25はサブマウント20に向き合っている。又、半導体レーザ21の活性層23と光導波路2は同軸上にあり半導体レーザ21の基本波P1が直接結合する構成となっている。図4で半導体レーザ21を駆動し基本波P1として活性層23から出射された半導体レーザ光(波長0.84  $\mu\text{m}$ )を半波長板6を介して光波長変換素子22の入射面10より光導波路2に直接結合させると基本波P1はシングルモード伝搬し、光導波路2内の波長変換部26で波長0.42  $\mu\text{m}$ の高調波P2に変換され青色レーザ光が出射面12より基板外部に取り出される。

【0026】この短波長レーザ光源において半導体レーザ21を150mWで駆動し10mWの高調波P2(波長0.42  $\mu\text{m}$ )を得た。この場合の変換効率は7%である。立ち上がりも10秒以内であり高調波出力も安定していた。ここで半波長板により完全に90度偏光方向は回転されており光導波路への結合効率は80%となっていた。

【0027】本実施例の短波長レーザ光源の大きさは3×3×12mmと小型になっている。また、光軸ずれを起こす部分がなく極めて温度変化および振動に強い構造となっている。これにより周囲の温度変化に対して高調波P2の出力変化が最小に抑えられる。

【0028】なおサブマウントとして加工性が良く、熱伝導に優れたSiを用いたがこれに限ることはない。

【0029】本発明の短波長レーザ光源の第3の実施例の構造図を図5に示す。この実施例では短波長レーザ光源として0.8  $\mu\text{m}$ 帯の半導体レーザ、光波長変換素子としてZ板のLiNbO<sub>3</sub>基板を用いたもので、図5は短波長レーザ光源の断面図である。図5で20はSiのサブマウント、21は半導体レーザ、22は光波長変換素子である。ここで用いた半導体レーザ21は波長0.86  $\mu\text{m}$ 、出力100mWのものである。また、光波長変換素子22はLiNbO<sub>3</sub>基板に磷酸中でのプロトン交換により周期状分極反転層3および光導波路2を形成したものである。ここで用いたプロトン交換光導波路2は屈折率変化が大きく光の閉じ込めが良く高調波への変換効率が高いという特徴がある。本実施例の構成では、半導体レーザ21の活性層23の形成面24および光波長変換素子22の光導波路2の形成面25はサブマウント20に向き合っている。活性層23の形成面24とは活性層23が半導体レーザ21の基板にエピ成長された面であり、ま

た光導波路2の形成面25とは光波長変換素子22にプロトン交換により光導波路2が形成された面のことである。又、半導体レーザ21の活性層23と光導波路2は同軸上にあり半導体レーザ21の基本波P1が光導波路2へ直接結合する構成となっている。ここで光波長変換素子22には半波長板の役目を果たす複屈折膜5が形成されている。また基本波を高調波へ変換する波長変換部26はサブマウント21には接触していないため熱的に遮断されている。そのため半導体レーザ21からの熱の影響はない。図5で半導体レーザ21を駆動し基本波P1として活性層23から出射された半導体レーザ光(波長0.86  $\mu\text{m}$ )を光波長変換素子22の入射面10より光導波路2に直接結合させると基本波P1は複屈折膜5で90度偏光方向が回転され、光導波路2を伝搬し、光導波路2内の波長変換部26で波長0.43  $\mu\text{m}$ の高調波P2に変換され青色レーザ光が出射面12より基板外部に取り出される。

【0030】次にこの短波長レーザ光源の製造方法について説明する。半導体レーザ21を活性層23の形成面24をサブマウント20側に向けてボンディングを行った。半導体レーザ21に電流を流し基本波P1を出射させた後、光導波路2の形成面25をサブマウント20側に向けて光波長変換素子22を半導体レーザ21に押し当て固定を行った。この際、光波長変換素子22の入射面10には複屈折膜5を形成した。これについて図6を用いて詳しく説明する。

【0031】図6は複屈折膜を形成する電子ビーム蒸着装置である。光波長変換素子の光導波路2の形成面25に対して45度の角度で治具70に固定する。るつぼ71に入れたTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>72を電子ビームを照射し蒸発させ入射面10に斜め蒸着する。厚み4  $\mu\text{m}$ で複屈折膜としてのTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜が形成された。次の工程として固定の時には、高調波出力P2が最大になるように光波長変換素子22を動かしてA方向のアライメントを行った。従来のレンズ系を用いる短波長レーザ光源ではA、B、Cの3軸のアライメントが必要であるが、この構成によればA方向のみのアライメントで良い。これは、C方向は半導体レーザにおしあてられており、またB方向は半導体レーザ21の活性層23と光波長変換素子22の光導波路2の高さが一致しているためアライメントが必要ないことによる。B方向に対しては光導波路2にSiO<sub>2</sub>保護膜17を付加しこれにより高さを活性層23と合わせた。サブマウント20の表面からの光導波路2の高さは4  $\mu\text{m}$ となっている。また、光波長変換素子の長さは8mmである。

【0032】以上のように作製した短波長レーザ光源において半導体レーザ21を100mWで駆動し20mWの高調波P2(波長0.43  $\mu\text{m}$ )を得た。この場合の変換効率は20%である。ここで結合効率は80%で基本波が光波長変換素子22に入射した。

【0033】本実施例の短波長レーザ光源の大きさは $4 \times 4 \times 10$  mmと小型になっている。また、光軸ずれを起こす部分がなく極めて温度変化および振動に強い構造となっている。

【0034】図7に実施例3の短波長レーザ光源をパッケージングした構成を示す。パッケージ50には窒素ガスを入れ外気と遮断した。また高調波P2はコーティングされたガラスによる窓51より外部に取り出される。51は赤外光カットでかつ青色光透過のフィルターの役目も兼ねている。52は石英による光波長変換素子22のささえであり、これにより振動ぶれを防止している。この短波長レーザ光源全体をペルチエによる $\pm 1^\circ\text{C}$ の温度制御を行い安定化を図った。これにより周囲の温度変化に対して高調波P2の出力変化はほとんど生じなかった。また窒素ガスにて封入することで空気中での酸化による反射防止膜等の劣化が防止でき効果的である。

【0035】次に第4の実施例である本発明の短波長レーザ光源の製造方法について説明する。構成は実施例3と同様である。基板としては $\text{LiTaO}_3$ を用いた。本実施例では半導体レーザの出射面および光導波路入射面に $\text{WO}_3$ による複屈折膜を形成しアニールにより接着した。製造工程を図8に示す。まず半導体レーザ21の出射面に複屈折膜5aを $2.5 \mu\text{m}$ 蒸着する。次に光波長変換素子を製造する。以下基板への分極反転層、光導波路およびグレーティング作製方法について説明する。最初に分極反転層3を形成する。 $\text{LiTaO}_3$ 基板にTaを厚み20nm、スパッタ蒸着した後、通常のフォトリソプロセスとドライエッチングを用いてTaを周期状にパターニングする。Taによるパターンが形成された $\text{LiTaO}_3$ 基板をピロリン酸中で $260^\circ\text{C}$ 、20分間浸し、プロトン交換を行いプロトン交換層を形成する。その後、 $540^\circ\text{C}$ の温度で20秒間熱処理する。これにより厚み $2 \mu\text{m}$ の周期状の分極反転層が形成される。さらに光導波路2を形成するために、ピロリン酸中で $260^\circ\text{C}$ 、12分間プロトン交換を行い、スリット直下に厚み $0.5 \mu\text{m}$ のプロトン交換層を形成した後、 $420^\circ\text{C}$ の温度で1分間熱処理する。次に $\text{Ta}_2\text{O}_5$ を膜として300nmの厚みで形成する。次に研磨により入射面を形成する。光導波路2は厚みは $1.9 \mu\text{m}$ 、長さは5mmである。最後に図8(b)のように電子ビーム蒸着により半導体レーザに付けたのと同じ $\text{WO}_3$ による複屈折膜5bを $2.5 \mu\text{m}$ 入射面上に形成する。次に同図(c)のように長さ7mmのSiによるサブマウント20上に半導体レーザ21の活性層23側を下にしてボンディングする。リード線を付けて半導体レーザを光らせながら、光導波路が形成された光波長変換素子22を光導波路から出射する基本波P1が最大になるところで接着する。その後 $200^\circ\text{C}$ 、1時間アニールを行い複屈折膜5aおよび5bを接着する。これにより空気層を介することによる反射損を防止できる。以上の工程により、コンパクトな短波長レーザ光源が作製できた。入射した基本波50mWで8mWの高調波

(波長 $0.42 \mu\text{m}$ )を得た。短波長レーザ光源は安定に動作し高調波出力の変動は $\pm 1\%$ 以下であった。

【0036】なお、光入射方法としては直接結合以外にもレンズを介した構成でも良い。また、Siをサブマウントとして用いたがCuやC等他の熱電導の良い材料であれば良い。また、実施例では結晶として $\text{LiNbO}_3$ および $\text{LiTaO}_3$ を用いたがKTP ( $\text{KTiOPO}_4$ )、 $\text{KNbO}_3$ 等の強誘電体、MNA等の有機非線形材料にも適用可能である。また複屈折膜、突起、半波長板として $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{WO}_3$ をもちいたが $\text{Ti}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CeO}_2$ の誘電体等でもかまわない。

【0037】次に第5の実施例として本発明の短波長レーザ光源を光情報記録装置に組み込み光ディスクの読み取りおよび書き込みに応用した例について説明する。図9にその構成を示す。本実施例では光情報記録装置は短波長レーザ光源、レンズ、偏光ビームスプリッタおよび受光器により構成されている。短波長レーザ光源60内で半導体レーザ21から出た基本波P1は複屈折膜5を介して光波長変換素子22に入射し光波長変換素子22で高調波P2に変換され高調波P2である青色レーザ光として外部に放射される。この青色レーザ光P2をレンズ40により平行光とする。この平行光にされた高調波P2は偏光ビームスプリッタ41を通過後、フォーカシングレンズ42で集光され光ディスク43上に $0.6 \mu\text{m}$ のスポットを結ぶ。この反射信号は再び偏光ビームスプリッタ41を通過後、受光器45に入射する。短波長レーザ光源60にて2mWの青色レーザ光P2が放射され、これが光ディスクの読み取りに使用された。また駆動電流を増加し10mWの青色レーザ光で書き込みが行われた。ここで短波長レーザ光源は振動、温度変化に強く安定に動作した。

【0038】なお分極反転構造を用いると実施例で示したような高効率、高出力の短波長光が発生できる。

【0039】このように本発明の短波長レーザ光源を用いることで従来使用していた $0.8 \mu\text{m}$ 帯の半導体レーザを用いた光情報記録装置の読み取り系に比べて半分のスポットに絞ることができ光情報記録装置の記録密度を従来の4倍に向上することができる。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように本発明の短波長レーザ光源によれば半導体レーザとZ板を用いた高効率光波長変換素子をレンズを介さず直接結合させることで大幅な結合効率の向上が図れ、その際半導体レーザからの偏光を複屈折性を有する突起または板または膜により回転させ光波長変換素子に形成された光導波路に高効率で入射し、短波長レーザ光源の出力が大幅に向上する。さらに本発明はコンパクトで量産化が容易な短波長レーザ光源を提供でき、その工業的価値は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の短波長レーザ光源の第1の実施例の構

## 造図

【図 2】本発明の短波長レーザ光源の第 1 の実施例の製造工程図

【図 3】本発明の短波長レーザ光源の高調波出力の時間依存性を示す図

【図 4】本発明の短波長レーザ光源の第 2 の実施例の構造図

【図5】本発明の短波長レーザ光源の第3の実施例の構造図

【図6】本発明の短波長レーザ光源の第3の実施例の複屈折膜の蒸着方法を示す図

【図 7】本発明の短波長レーザ光源の第 3 の実施例のパッケージングされた構造図

【図8】本発明の短波長レーザ光源の第4の実施例の製造工程図

【図 9】本発明の第 5 の実施例の光情報処理装置の構成

【図 10】従来の短波長レーザ光源の構成図

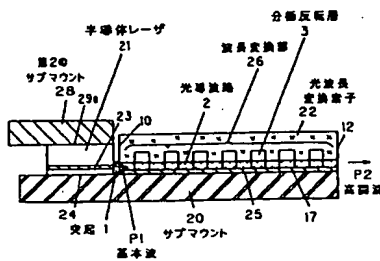
【図 1 1】従来の短波長レーザ光源の構成図

【図 1 2】従来の光波長変換素子の構成図

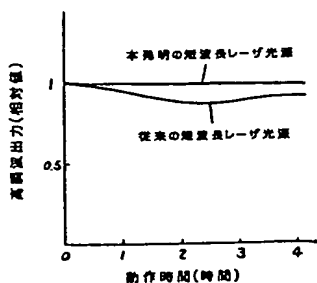
【図 1 3】高調波増幅の原理を説明する図

【図14】半導体レーザおよび光波長変換素子の断面図

【图 1】



【図 3】

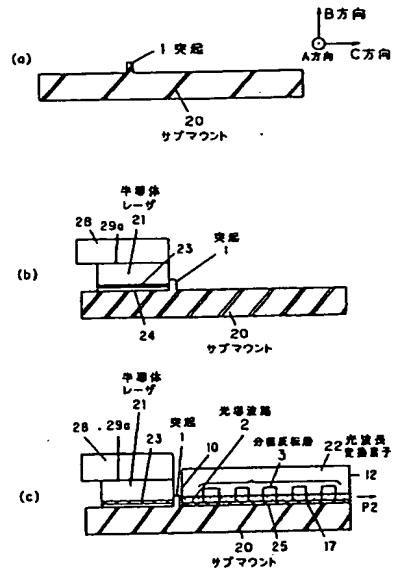


および偏光方向を示す図

【符号の説明】

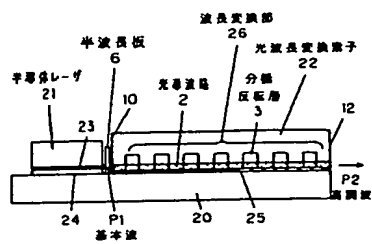
- 1 突起
- 2 光導波路
- 3 分極反転層
- 4 非分極反転層
- 5 複屈折膜
- 6 半波長板
- 10 入射面
- 12 出射面
- 17 保護膜
- 20 サブマウント
- 21 半導体レーザ
- 22 光波長変換素子
- 23 活性層
- 26 波長変換部
- 40、42、44 レンズ
- 41 ビームスプリッター
- 45 Siディテクター
- 50 パッケージ
- 51 窓
- 60 短波長レーザ光源

【図 2】

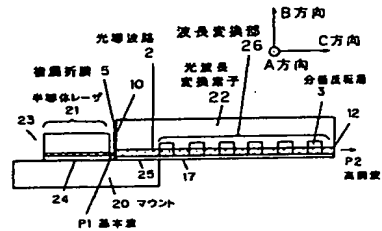




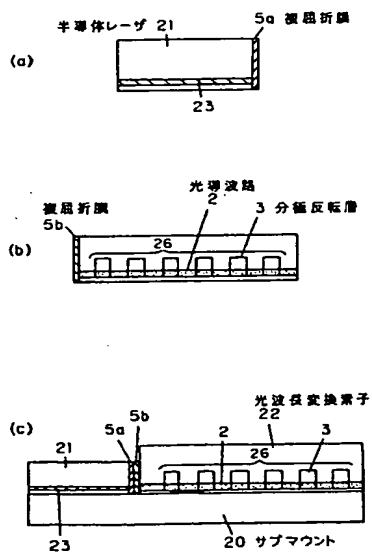
【图 4】



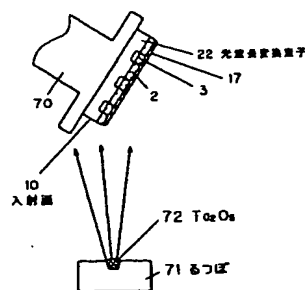
【図 5】



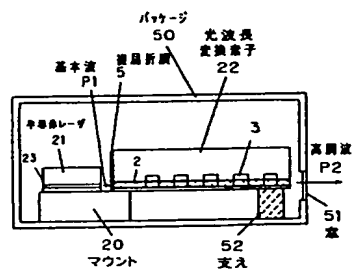
【图 8】



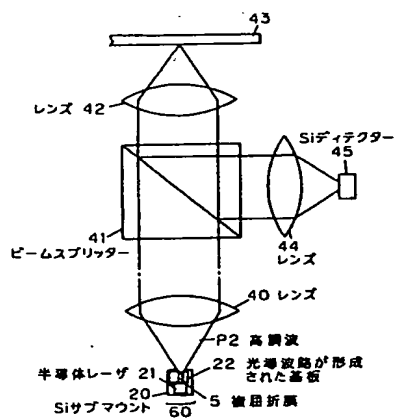
【例 6】



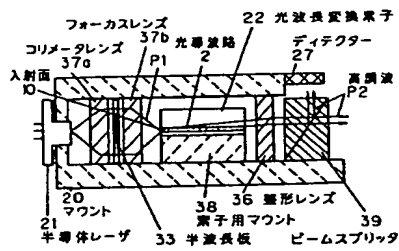
【图 7】



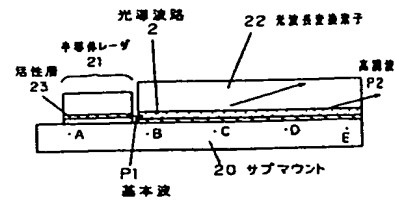
【图 9】



【図10】

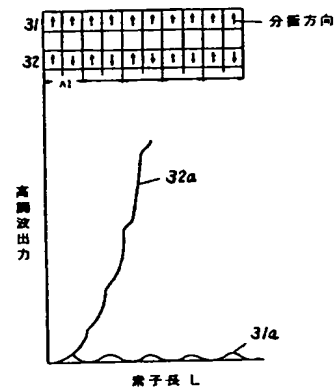


【図11】

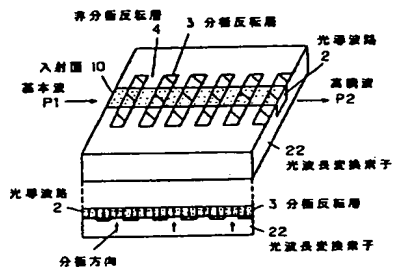


【図13】

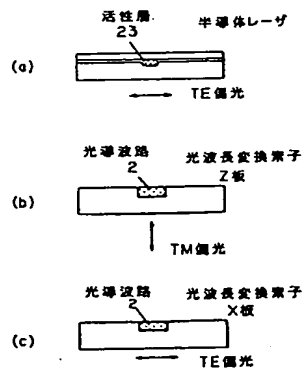
- 31 非分極反転素子  
 31a 分極反転していない場合の  
 高調波出力  
 32 分極反転波長変換素子  
 (1次周期)  
 32a 分極反転している場合の  
 高調波出力(1次周期)



【図12】



【図14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平2-262385 (JP, A)  
特開 平3-138992 (JP, A)  
特開 昭64-32206 (JP, A)  
特開 平6-283791 (JP, A)  
特開 平5-257184 (JP, A)  
特開 平5-297429 (JP, A)  
特表 平4-507299 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
H01S 3/094 - 3/0947  
H01S 3/109  
G02B 6/12 - 6/138  
G02F 1/37 - 1/383